

# A UTILIZAÇÃO DE UMA METODOLOGIA QUE TRANSFORMA TEXTOS EM MAPAS E REDES CONCEITUAIS NO ESTUDO DA COMPREENSÃO DO TEMA QUÍMICA VERDE POR ALUNOS DE UM CURSO DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

Flavio A. Maximiano, Patrícia A. Silva  
*Universidade de São Paulo*

**RESUMO:** O presente trabalho preocupa-se em mostrar o uso de uma metodologia em que textos produzidos por alunos são transformados em estruturas gráficas como mapas e redes conceituais que relacionam conceitos e procuram representar de maneira clara e objetiva as principais relações conceituais estabelecidas por um grupo de alunos. No caso do tema estudado, foi destacada a centralidade dos conceitos *catalisador* e *solventes*, além de se ter compreendido uma série de relações e ideias que estão totalmente de acordo com os princípios da Química Verde.

**PALAVRAS CHAVE:** Mapa conceitual, rede conceitual, química verde, aprendizado de conceitos.

## OBJETIVOS

O presente trabalho preocupa-se em mostrar o uso de uma metodologia em que textos produzidos por alunos são transformados em estruturas gráficas como mapas e redes conceituais. O objetivo é obter uma forma sintética que permita mostrar de maneira clara as principais e mais frequentes relações entre conceitos extraídas das respostas dos alunos a uma determinada questão aberta a eles apresentada. Através a aplicação de tal metodologia, pretende-se verificar quais as principais relações conceituais estabelecidas entre os principais conceitos relacionados ao tema Química Verde.

## MARCO TEÓRICO

A elaboração de textos dissertativos por alunos em resposta a uma determinada questão pode constituir-se uma importante forma de avaliação de seu aprendizado, uma vez que o texto que um indivíduo produz reflete de forma aproximada a sua estrutura de conhecimentos sobre o tema em questão. Ao escrever um texto o aluno resgata informações sobre um assunto, seleciona as informações importantes e, a seguir, organiza suas ideias para construir seu texto.

Partindo do pressuposto que a aprendizagem conceitual envolve o estabelecimento de relações entre os diferentes conceitos que envolvem um determinado tema do conhecimento, e que estas relações são usadas pelo sujeito para expressar significados (Shavelson; Ruiz-Primo e Wiley, 2005), nosso grupo de pesquisa tem trabalhado no sentido de extrair as relações conceituais mais frequentemente explícitas pelos alunos em suas produções textuais e apresentá-las na forma de estruturas gráficas tais como mapas e redes conceituais (Martins e Maximiano, 2008; Silva; Junqueira e Maximiano, 2010).

Este método consiste, de uma maneira geral, em duas etapas principais (figura 1). A primeira etapa consiste na obtenção de uma matriz de associação entre os conceitos presentes em cada texto que indique quais conceitos foram relacionados entre si (1). A segunda etapa consiste em transformar esta matriz em uma rede de conceitos escrevendo os mesmos em um grafo bidimensional em que os conceitos relacionados na matriz são ligados entre si por uma linha (2).

As redes obtidas podem representar apenas um texto ou todo um conjunto de textos escritos por um grupo de estudantes. No último caso as matrizes são somadas e o grafo é obtido a partir desta última matriz que agrega as relações conceituais presentes em todos os textos.

Neste trabalho, apresentamos duas formas distintas de se obter as redes conceituais e um exemplo de aplicação desta metodologia em uma situação onde foi avaliada a aprendizagem dos alunos referentes ao tema Química Verde.

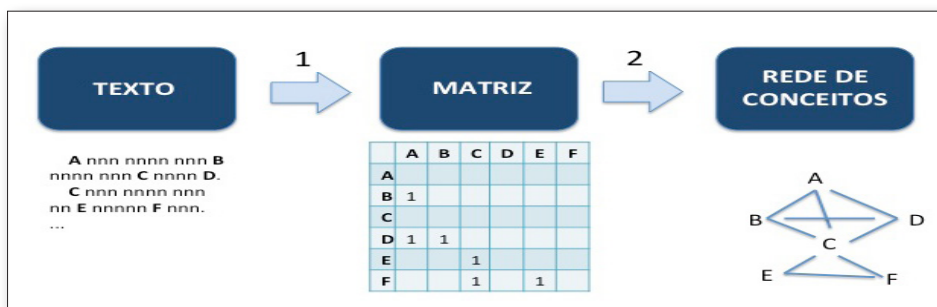


Fig. 1. Esquema geral do processo de transformação de textos em uma rede conceitual

## METODOLOGIA

### Coleta dos dados

Os dados deste trabalho foram coletados na disciplina *Química Ambiental II* do curso de Bacharelado em Química Ambiental da Universidade de São Paulo, Brasil, onde 16 alunos responderam a uma pergunta inserida em uma avaliação final da disciplina que pedia: *Dado o seguinte conjunto de palavras (Figura 2), utilizando estas palavras (todas, ou apenas algumas delas, ou palavras derivadas dessas, ou outras que julgue necessário) escreva um parágrafo explicando a relação entre elas no contexto da atividade química e seus efeitos no meio ambiente e saúde humana.* A ideia fundamental foi possibilitar que o aluno escrevesse um texto sobre o tema proposto a partir de palavras (conceitos) fornecidas, de forma que fosse

possível identificar neste texto a presença de relações entre essas palavras ou variações das mesmas. Essas palavras ou termos indutores fornecidos foram pré-estabelecidos a partir de sua importância dentro do tema em estudo. Após a correção da avaliação e entrega das notas, foi pedido aos alunos, através da assinatura de termo permissão, a utilização de suas respostas nesta pesquisa com a promessa que suas identidades serão omitidas.

## Tratamento dos dados

A primeira etapa do processo consiste em extrair de cada uma das sentenças presentes no texto escrito as proposições que denotavam uma relação entre dois ou mais conceitos. Para isso:

1. Cada um dos conceitos presentes na lista de termos indutores foi sublinhado no texto.
2. Cada par de conceitos que havia uma relação estabelecida no texto foi listado.
3. Para cada um dos pares listados escreveu-se uma proposição com a frase de ligação ou termo de ligação de maneira a se manter o sentido original presente no texto (Quadro 1).

Com os textos originais assim modificados na forma de proposições mais simples, foram montadas as matrizes de associação entre conceitos para cada um dos textos. Nesta etapa, para cada uma das proposições listadas, foi marcado em uma matriz de associação de conceitos do tipo da apresentada na figura 2 um marcador positivo (número 1) na intersecção entre os conceitos relacionados em tal proposição. Obteve-se assim, uma matriz de associação de conceitos referente ao texto de cada aluno. Em seguida todas as matrizes foram somadas obtendo-se uma matriz soma que computa todas as relações conceituais estabelecidas por todos os alunos do grupo de estudo (Figura 2).

A partir desta matriz final foram construídas as redes de conceitos. No presente trabalho apresentamos dois tipos de redes conceitos denominadas como *rede de conceitos considerando o(s) vizinho(s) mais próximo(s)* (Rede V+P) e *rede de conceitos a partir de corte percentual* (Rede %).

Quadro 1.

Exemplo contendo proposições extraídas de uma sentença presente num texto coletado

SENTENÇA	PROPOSIÇÕES EXTRAÍDAS
“A diminuição dos <u>resíduos</u> gerados e da utilização de <u>solventes</u> orgânicos é observada nos cálculos de <u>eficiências atômica</u> , que mensura o quanto dos átomos dos <u>reagentes</u> e <u>solventes</u> auxiliares efetivamente participa do produto final.”	<u>Eficiência atômica</u> seus cálculos mostram diminuição na geração de <u>resíduos</u> .
	<u>Eficiência atômica</u> seus cálculos mostram diminuição no uso de <u>solventes</u>
	<u>Reagentes</u> o quanto de seus átomos participa do produto final é mostrado pelo cálculo da <u>eficiência atômica</u>
	<u>Solventes</u> o quanto de seus átomos participa do produto final é mostrado pelo cálculo de <u>eficiência atômica</u>
“Enfim, a utilização de <u>sistemas catalíticos</u> pode causar aumento da <u>eficiência atômica</u> , facilitando, por exemplo reações de hidrogenação (utilizando <u>gás hidrogênio</u> ) ou reações de oxidação (utilizando <u>gás oxigênio</u> ), produzindo assim, menos <u>sais inorgânicos</u> em efluentes.”	<u>Sistemas catalíticos</u> seu uso pode aumentar a <u>eficiência atômica</u>
	<u>Sistemas catalíticos</u> podem facilitar reações de hidrogenação utilizando <u>gás hidrogênio</u>
	<u>Sistemas catalíticos</u> podem facilitar reações de oxidação utilizando <u>gás oxigênio</u>
	<u>Sistemas catalíticos</u> podem produzir menos <u>sais inorgânicos</u> .

A Rede V+P, como o próprio nome diz, é aquela que apresenta qual ou quais conceitos foram mais vezes relacionado a um determinado conceito. O primeiro passo para a obtenção desse tipo de rede consistiu na marcação do(s) vizinho(s) mais próximo(s) na matriz de associação final, ou seja, na linha ou coluna correspondente a cada conceito na matriz marcam-se os maiores valores numéricos presentes

(Figura 2). Para construir a rede basta distribuir os conceitos em um plano e unir os pares de conceitos destacados na matriz com uma seta que indique o sentido do conceito que aparece mais vezes relacionado ao seu par (Figura 5).

A Rede% procura representar as relações entre conceitos que mais foram estabelecidas nos textos dos alunos. Para obter tal rede, todos os valores numéricos presentes na matriz de associação final (Figura 2) foram listados em ordem crescente e, então, contabilizou-se quantas vezes cada um desses valores numéricos aparece nessa matriz (Figura 3). Pode-se então, estabelecer um corte em qualquer um dos números de relações listados de maneira a abranger um determinado percentual do número total de relações retiradas dos textos. No presente estudo foi estabelecido um corte de forma as relações de maior frequência que correspondam a 25% do total de todas relações extraídas. Para isso, foram tomados apenas os valores da matriz iguais ou maiores do que 6 (Figura 3). Em seguida, os pares conceitos de conceitos selecionados são unidos por linhas. Cada corte percentual, ou seja, cada número de relações mínimo escolhido origina diferentes redes (Figura 4).

A partir de cada uma das redes obtidas pode-se construir um mapa conceitual. Para isto foram buscadas nos textos modificados as frases de ligação que se referiam a cada par de conceitos unidos na rede. No presente estudo é apresentado e discutido o mapa conceitual obtido a partir da Rede 25%. Esta escolha se deu porque esta rede apresentou todos os conceitos em estudo ligados e, ao mesmo tempo, não apresentou um excessivo número de ligações.

		catalisador	condições reacionais	dióxido de carbono	eficiência atômica	efluentes aquosos	emissões	estequiométricas	gás hidrogênio	gás oxigênio	indústria farmacêutica	indústria química	matérias-primas	matérias-primas renováveis	minimizar	petroquímica	pressão de vapor	reagentes	resíduos	sais inorgânicos	seletividade	síntese orgânica	solventes
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
catalisador	1																						
condições reacionais	2	2																					
dióxido de carbono	3	0	0																				
eficiência atômica	4	8	1	0																			
efluentes aquosos	5	0	1	0	0																		
emissões	6	1	1	2	0	0																	
estequiométricas	7	7	0	0	2	0	1																
gás hidrogênio	8	1	0	1	1	0	0	1															
gás oxigênio	9	1	0	1	1	0	0	1	0														
indústria farmacêutica	10	4	0	0	2	2	2	1	0	0													
indústria química	11	2	0	0	1	1	1	0	0	0	0												
matérias-primas	12	2	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0											
matérias-primas renováveis	13	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1										
minimizar	14	6	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1									
petroquímica	15	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3	3	6	3	0								
pressão de vapor	16	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0							
reagentes	17	5	1	0	0	0	1	2	5	5	0	0	1	0	2	3	0						
resíduos	18	2	1	0	2	1	0	5	1	1	1	0	0	0	3	0	1	0					
sais inorgânicos	19	5	0	0	0	2	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1				
seletividade	20	9	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0			
síntese orgânica	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1		
solventes	22	3	2	7	2	2	0	3	0	0	0	0	1	0	2	2	5	0	2	0	0	2	

Fig. 2. Matriz soma que apresenta todas as relações conceituais estabelecidas em todos os textos. Em destaque o(s) vizinho(s) mais próximo(s) de cada conceito

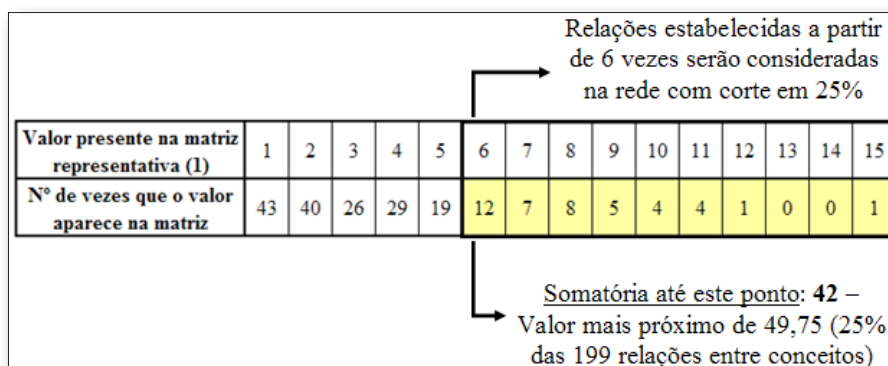


Fig. 3. Exemplo de corte percentual em 25% aplicado aos dados da matriz da figura 2.

## RESULTADOS

Nas figuras 5 e 6 são apresentados as estruturas gráficas objeto de análise deste trabalho, respectivamente a Rede V+P, e o Mapa Conceitual final obtido a partir da Rede 25%. Cada uma destas estruturas gráficas forneceu diferentes tipos de informações. A importância da Rede V+P é notável quando o foco da análise se encontra em cada um dos conceitos presentes. Já a Rede% é útil quando o foco da análise está no número de vezes em que diferentes relações entre conceitos são estabelecidas. Finalmente, o mapas conceitual centra-se na natureza das diferentes relações entre os conceitos. Essas estruturas gráficas podem, portanto, ser consideradas complementares.

A Química Verde (QV) pode ser definida como um conjunto de princípios que buscam o desenho, desenvolvimento e aplicação de processos e produtos que visem reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias perigosas para a saúde humana e ambiente. Estes princípios podem ser agrupados em ações que busquem diminuir o consumo de materiais e energia nos processos químicos através, por exemplo de reações catalisadas e a busca por solventes alternativos àqueles mais poluentes e comumente empregados (Lenardão *et al.*, 2003).

Como se pode perceber pela Figura 4 é possível identificar a presença de cinco grupos de conceitos sendo que três deles encontram-se isolados na estrutura gráfica, sendo formados pelos seguintes pares de conceitos: *gás oxigênio* – *gás hidrogênio*; *indústria química* – *indústria farmacêutica* e *petroquímica* – *matérias-primas*. É também possível dizer que os conceitos ligados aos conceitos centrais *catalisador* e *solventes* constituem outros dois grupos específicos na rede em questão, estando estes dois grupos conectados pelos conceitos *seletividade* e *emissões*. A centralidade dos conceitos *catalisador* e *solventes*, que se apresentam como um nó na rede, indica a relevância desses dois conceitos no contexto da QV.

O Mapa Conceitual apresenta informações bastante ricas em relação aos 5 conceitos considerados centrais em ambas as estruturas gráficas – *catalisador*, *estequiométricas*, *petroquímica*, *resíduos* e *solventes*. O reconhecimento destes conceitos pelos alunos como centrais e importantes dentro do contexto da QV (Prado, 2003).

Nas duas estruturas gráficas, o conceito *catalisador* é considerado central, além de estar ligado a um maior número de conceitos quando comparado aos demais conceitos centrais. O destaque deste conceito para os alunos é evidenciado no Mapa Conceitual e sua relação direta com os conceitos *estequiométricas* vai ao encontro a outro princípio elementar da QV, que apresenta os reagentes catalíticos como opções melhores do que os tão utilizados reagentes estequiométricos, ideias importantes relacionadas ao princípio da redução do uso de matéria prima e da geração de substâncias secundárias (Lenardão *et al.*, 2003).

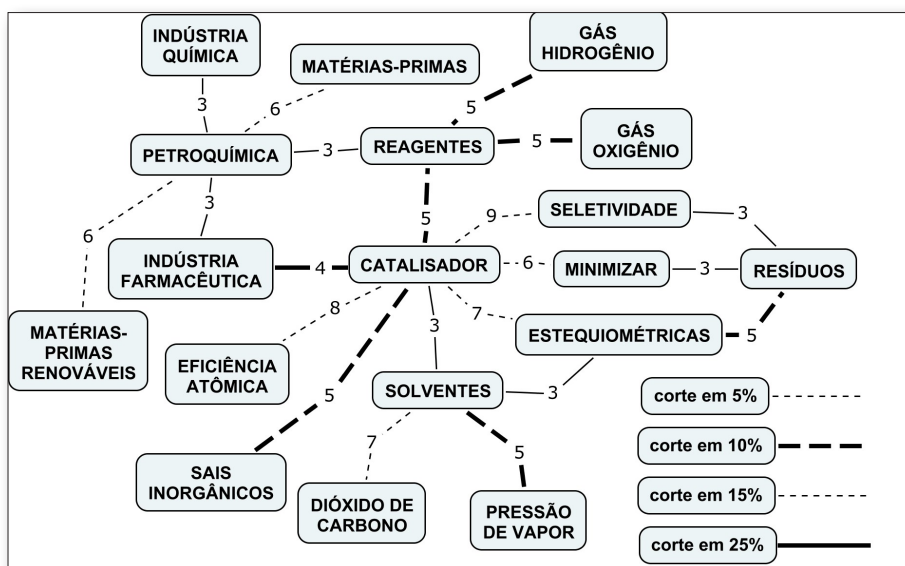


Fig. 4. Redes de conceitos com diferentes cortes percentuais

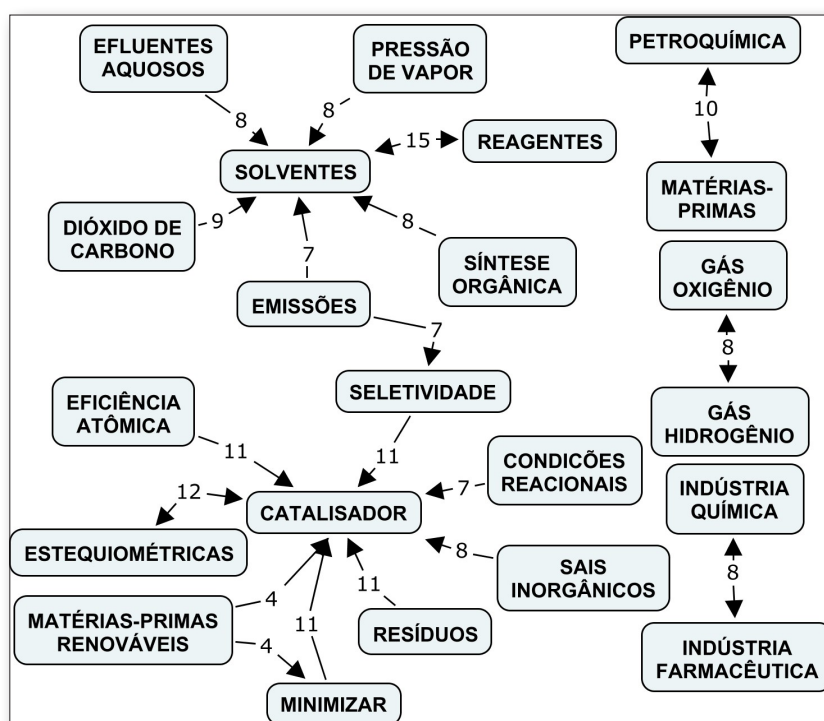


Fig. 5. Rede V+Pobtida.



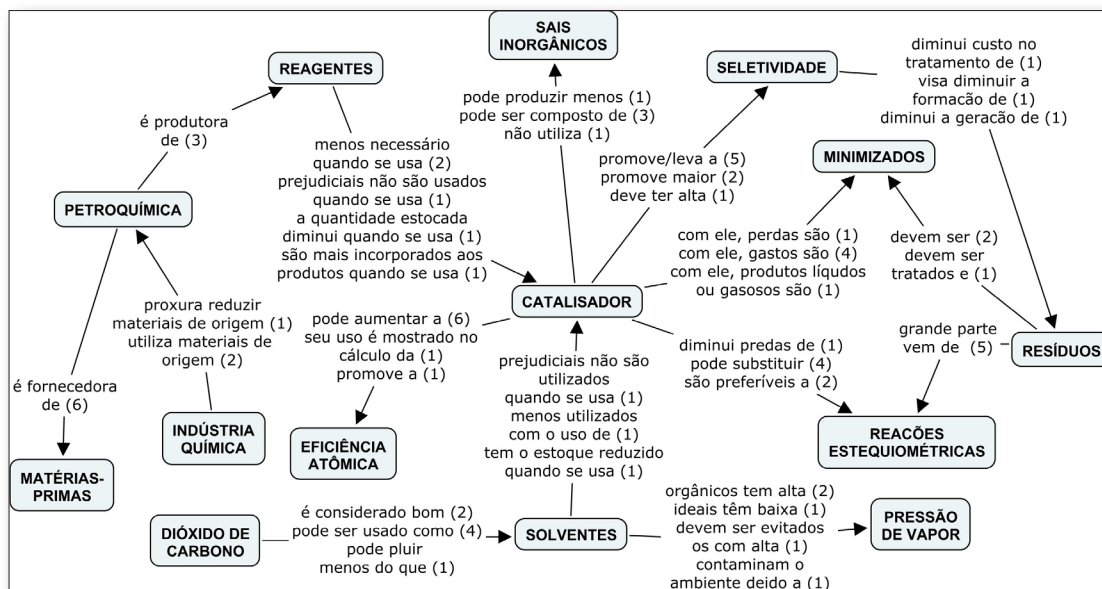


Fig. 6. Mapa conceitual obtido a partir da Rede 25%

A natureza das relações entre o conceito *catalisador* e os conceitos *eficiência atômica*, *minimizados*, *reagentes* e *seletividade* também são coerentes com outros princípios da QV, relativos à economia de átomos, à síntese de produtos menos perigosos e ao desenho de produtos seguros. Neste sentido, verifica-se que parte das proposições presentes no Mapa Conceituais evidencia duas ideias principais a respeito do uso de catalisadores: a maximização da incorporação dos reagentes no produto final e a possibilidade de que a síntese de um produto ocorra sem a utilização ou a geração de substâncias tóxicas (Prado, 2003).

O conceito *solventes* também se destaca como central nas estruturas gráficas obtidas e sua ligação com os conceitos *estequiométricas* e *pressão de vapor* expõe a problemática percebida por parte dos alunos relativa ao amplo uso de solventes orgânicos que devem então ser substituídos por solventes menos poluentes. A natureza da relação entre os conceitos *solventes* e *dióxido de carbono*, por sua vez, evidencia o entendimento sobre outro princípio referente ao uso de solventes mais seguros, especificamente sobre a possibilidade de se substituírem solventes orgânicos convencionais por fluidos supercríticos, tais como o dióxido de carbono (Lenardão et al., 2003).

## CONCLUSÕES

A metodologia apresentada permitiu a obtenção de estruturas gráficas complementares que sintetizam as principais relações estabelecidas pelos alunos em suas respostas textuais entre os principais, bem como a centralidade de certos conceitos frente aos demais. No caso do tema estudado, foi destacada a centralidade dos conceitos *catalisador* e *solventes*, além de se ter apreendido uma série de relações e ideias que estão totalmente de acordo com os princípios da QV reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias perigosas para a saúde humana e ambiente. As estruturas gráficas obtidas refletiram com focos distintos, importantes informações presentes nos textos escritos pelos alunos relativas ao desenvolvimento de processos químicos para reduzir ou eliminar o uso ou geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente, de forma a minimizar problemas ambientais.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Lenardão, E. J., *et al.* (2003). Green chemistry» – Os 12 princípios da Química Verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. *Química Nova*, 26 (1), pp. 123–129.
- Martins, J. V. e Maximiano, F. A. (2008) Obtendo um mapa conceitual a partir de textos escritos pelos alunos. In: *Livro de Resumos da 31ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, Águas de Lindóia.
- Prado, A. G. S. (2003). Química Verde, os desafios da química do novo milênio. *Química Nova*, 26 (5), pp. 738–744.
- Shavelson, R. J., Ruiz-Primo, M. A. e Wiley, E. W (2005). Windows into the mind. *Higher Education*, 49, pp. 413-430.
- Silva, P. A., Junqueira, M. M. e Maximiano, F. A. (2011) Redes de conceitos obtidas a partir de textos 1: comparando métodos para se obter a rede. In: *Anais da 34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, Florianópolis: UFSC, pp. 34.